

修士学位論文要約（令和4年3月）

## 空間音響を用いた視覚障がい者のための屋内ナビゲーション手法に関する研究

玉瀨 誠人

指導教員：菅沼 拓夫

## A Study on Indoor Navigation for Visually Impaired People Using Spatial Acoustics

Makoto TAMABUCHI

Supervisor: Takuo SUGANUMA

Indoor navigation is extremely difficult for visually impaired people, whose visual function is not sufficient, because they need to understand the direction and distance of their destination and the surrounding environment. Many researches has been conducted on the use of voice instructions such as Text-to-Speech and Sonification as a method of presenting information for indoor navigation. In this work, we propose a method that combines Text-to-Speech and Sonification according to the guiding distance. Then, by conducting evaluation experiments on clear-eyed subjects, the effectiveness of the proposed method is shown.

### 1. 序論

屋内ナビゲーションは、目的地の方角や壁、周囲の障害物等を視覚器官によって認識する必要があり、視覚障がい者にとって難易度が高い。そのため、視覚障がい者にナビゲーションに必要な情報を伝達可能な情報提示手法について多く研究されている。

屋内ナビゲーションにおける情報提示手法として聴覚を活用した手法が存在する。この手法では、情報を言語的メッセージとして提示する音声言語、情報を効果音に対応させて提示する信号音、物理的なスピーカーでなく仮想的な音源を用いて音声を再生する空間音響が活用されている。しかしこれらの音声指示は、情報提示のリアルタイム性や情報伝達能力の面で課題が存在する。

そこで本研究では、空間音響、音声言語、信号音を併用した屋内ナビゲーション手法を提案する。

### 2. 関連研究と課題

音声言語を使用した情報提示手法には、目的地の方角や距離の情報を載せた簡潔なメッセージを再生して伝達する研究<sup>1)</sup>が存在する。音声言語は状況説明が容易であり、ユーザが指示を理解し易い利点があるが、指示の再生終了までに時間を要し、歩行に合わせたリアルタイムな誘導が難しい欠点がある。

信号音を使用した情報提示手法には、ピープ音や、ノイズ等を用いて目的地の方角や距離を伝達する研究<sup>2)</sup>が存在する。信号音は連続的に再生可能であり、リアルタイムな情報提示が可能であるが、音声言語に比べて詳細な情報の伝達が難しい欠点がある。

### 3. 屋内ナビゲーション手法の提案

#### 3.1 提案概要

本研究では、既存研究の課題を解決するために、音声言語と信号音を併用し、空間音響を適用した屋内ナビゲーション手法を提案する。屋内ナビゲーションは、曲がり角や分岐といったウェイポイントを複数経由して目的地へ到達する。音声言語による指示は方角や距離等によるウェイポイントの大まかな位置情報の伝達に適しており、信号音による指示はリアルタイムな情報提示によるウェイポイント周辺での微細な行動に適している。そのためウェイポイントと現在地の距離によって音声言語と信号音を選択し、効果的な誘導を行う。

#### 3.2 システム構成

本システムは、音声指示を再生する骨伝導イヤホン、及び経路の算出・音声の生成・ユーザの現在位置推定を行う iPad Pro から構成される。iPad Pro はユーザの移動を検知するために、図 1a のように首に提げて携帯した。またアイマスクと白杖を装備させ、視覚障がい者の歩行を再現した。

#### 3.3 設計と実装

本システムでは iPad Pro に搭載された LiDAR カメラを活用し、建物内におけるユーザの現在位置を推定する。そして現在位置から目的地までの経路を算出し、複数のウェイポイントを設置する。音声指示は空間音響を適用してユーザの周囲に位置しているかのように提示し、音声が聞こえる方角へ歩行を促し、目的地への誘導を可能にする。

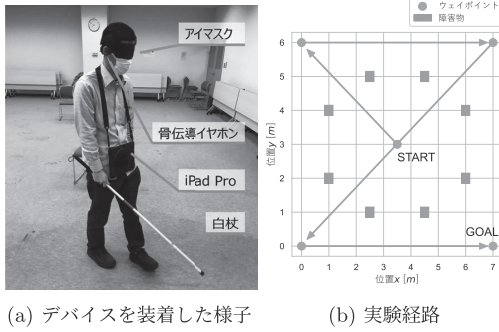


図1: 実験の概要

表1: 誘導手法の的確さについてのアンケート結果. 表中の数字は, 各評価値を選択した人数を表す.

	評価値				
	1	2	3	4	5
誘導手法1	0	0	0	5	3
誘導手法2	0	0	1	6	1
誘導手法3 (提案手法)	0	0	0	3	5

4. 実験と評価

4.1 実験

提案手法による有効性を検証するために, 3種類の誘導手法を用いて屋内誘導実験を実施した.

誘導手法1: 音声言語を用いた誘導

目的地までの距離と方向をメッセージを音声言語として用い, 空間音響化して提示する.

誘導手法2: 信号音を用いた誘導

ピンクノイズ音源を信号音として用い, 空間音響化して提示する.

誘導手法3: 音声言語と信号音を併用した誘導

目的地までの距離と方向を含んだメッセージとピンクノイズ音源を用い, 空間音響化して提示する. 現在地とウェイポイントの距離が2mより大きい時は音声言語を, 小さい時は信号音を選択して再生する.

実験はアイマスクをした晴眼者を対象に行い, 図1bの橙色の経路を用いた. また実験中は歩行経路と歩行時間を測定した, 実験終了時には, 測定した歩行経路と実験経路とで囲まれた部分の面積を算出し, また各誘導手法の指示の的確さについてユーザーアンケートを実施した.

4.2 評価

実験結果を図2, 図3, 表1に示す. 図2によると, 誘導手法1・3の間で有意差が生じたが ( $\alpha = 0.05, p = 0.0191$ ), 誘導手法2・3の間では生じなかった ( $\alpha = 0.05, p = 0.90$ ). また図3によると, 誘

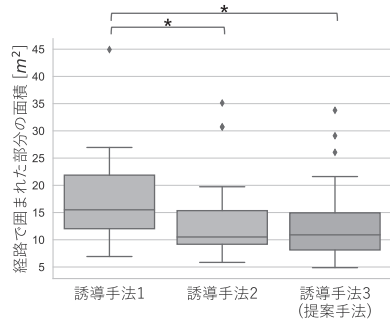


図2: 誘導手法と, 経路で囲まれた部分の面積の関係 (\* :  $p < 0.05$ )

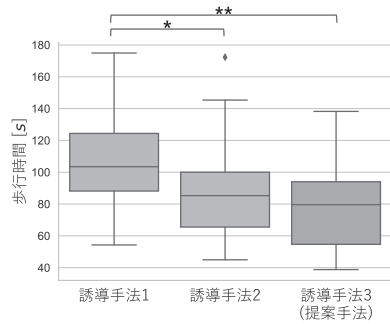


図3: 誘導手法と歩行時間の関係 (\* :  $p < 0.05, ** : p < 0.01$ )

導手法2, 3の間では生じなかったが ( $\alpha = 0.05, p = 0.5364$ ), 誘導手法3が最も歩行時間が短い結果が得られた. そして表1より評価値による加重平均を算出すると, 誘導手法3が最も高く, 提案手法の有効性を示すことが出来た. これらの結果は, 音声言語と信号音の併用によってユーザがウェイポイントからどの程度離れた位置にいるのか具体的に想像出来たためと考察される.

5. 結論

本研究では音声言語と信号音を併用して空間音響を適用した屋内誘導手法を提案し, 実験によりその有効性を示した. 今後の課題として, 視覚障がい者を対象とした実証実験の実施が必要だと考えられる.

参考文献

- 1) Fiannaca, A. et al.: “Headlock: A Wearable Navigation Aid That Helps Blind Cane Users Traverse Large Open Spaces”, *Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers*, 2014, no. 8, pp. 19-26
- 2) 小河原 洗貴他: “ステレオ音と振動提示による視覚障害者誘導インタフェース”, 電子情報通信学会技術報告 = *IEICE technical report*: 信学技報, 2018, vol. 485, no. 117, pp. 17-22